

Analisis Distribusi Daya Listrik Pada Gedung Admisi

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Analysis of Electric Power Distribution at Admission Building of Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Oleh:

Agil Wahyu Kusuma

ABSTRACT

In today's modern era, electricity is one of the most needed components of humanity to survive, because the use of electrical energy has touched all aspects of human life as in the household sector, government agencies and education, industry, and so forth. The optimal utilization of this form of energy by the community can be helped by an effective distribution system. In order to improve the quality of service to the new students (penmaru), Muhammadiyah University of Yogyakarta renews the facilities and infrastructure by building a new admissions bureau building. The admission bureau building was built on three floors, supplied with electrical energy from PLN and generators distributed throughout the building floor through electric conductor and panels. Electrical and electronic system planning must be accurately calculated and designed in such a way that system reliability is required to meet the electrical installation standards. Therefore the purpose of this final task is to analyze the distribution of electric power in the building admisi Muhammadiyah University of Yogyakarta. The method used is quantitative research that collects, analyzes and displays data in numerical form. From this research got the result that total pseudo power at planning development of building of admis UMY equal to 111,6 KVA and total active power equal to 83,6 KW. Total pseudo power and normal maximum active power that is equal to 78,6 KVA and 58,6 KW. The average load connected to the UMY admissions building is 17,640 KW. The biggest load is on the 1st floor AC power panel with a total maximum load of 30.366 KW or 57.6% of the total total connected load.

Keywords: Power distribution, Electricity supply, Building installation

PENDAHULUAN

Di era modern seperti sekarang ini, listrik adalah salah satu komponen yang paling dibutuhkan manusia untuk bertahan hidup. Listrik merupakan bentuk energi yang paling cocok dan nyaman bagi manusia modern. Tanpa listrik infrastruktur masyarakat sekarang tidak akan menyenangkan. Sulit dibayangkan bagaimana kita hidup tanpa listrik, karena penggunaan energi listrik telah menyentuh segala aspek kehidupan manusia seperti pada sektor rumah tangga, instansi pemerintahan dan pendidikan, industri, dan lain sebagainya. Semakin bertambahnya konsumsi listrik per kapita di seluruh dunia menunjukkan kenaikan standar kehidupan manusia. Pemanfaatan secara optimal bentuk energi ini oleh masyarakat dapat dibantu dengan sistem distribusi yang efektif.

Di Indonesia, kebutuhan energi listrik umumnya disuplai oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara). Selain dari PLN, energi listrik juga dapat disuplai dari generator/genset sebagai cadangan. Dalam rangka

memberikan peningkatan kualitas pelayanan terhadap penerimaan mahasiswa baru (penmaru), Universitas Muhammadiyah Yogyakarta memperbaharui sarana dan prasarana dengan membangun gedung admisi baru. Gedung admisi baru tersebut direncanakan akan menjadi *green building* yang ramah lingkungan dan mampu mengkonversi atau menyimpan energi. Gedung admisi dibangun dengan tiga lantai, seperti halnya gedung-gedung bertingkat lainnya maka diperlukan suplai energi listrik dari PLN dan generator yang didistribusikan ke seluruh lantai gedung melalui penghantar dan panel-panel listrik. Untuk menunjang kebutuhan beban listrik gedung admisi agar dapat beroperasi secara optimal maka diperlukan kehandalan sistem, dengan membuat suatu sistem kelistrikan yang efisien, mudah dalam perawatan, dan memenuhi standar instalasi listrik.

TUJUAN PENELITIAN

Menganalisis distribusi daya listrik dan *schedule* beban pada panel distribusi di gedung admisi

Universitas Muhammadiyah
Yogyakarta.

DASAR TEORI

1. Sistem Distribusi

Sistem distribusi merupakan suatu bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi adalah saluran tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen baik komersial, rumah tangga maupun industri. Tegangan pada generator-generator besar biasanya berkisar di antara 13,8 KV dan 24 KV. Tetapi generator-generator besar yang modern dibuat dengan tegangan yang bervariasi antara 18 dan 24 KV. Tidak ada standar umum yang diterima untuk tegangan-tegangan generator. Tegangan generator dinaikkan ke tingkat-tingkat yang dipakai untuk transmisi yaitu antara 115 dan 765 KV. Tegangan-tegangan tinggi standar (*High Voltage – HV Standard*) adalah 115, 138 dan 230 KV. Tegangan-tegangan tinggi ekstra (*Extra High Voltage – EHV*) adalah 345, 500 dan 765 KV.

2. Pengertian Daya

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya memiliki satuan watt, yang merupakan perkalian dari tegangan (volt) dan arus (ampere). Daya dinyatakan dalam P, tegangan dinyatakan dalam V, sedangkan arus dinyatakan dalam I. Sehingga besarnya daya dinyatakan:

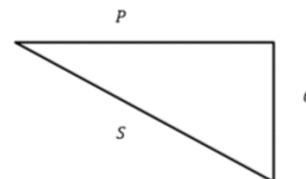
$$P = \text{Watt}$$

$$P = V \times I$$

$$P = \text{Volt} \times \text{Ampere} \times \cos \varphi$$

3. Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan antara tipe-tipe daya yang berbeda antara daya semu, daya aktif dan daya reaktif berdasarkan prinsip trigonometri. Berikut adalah gambar hubungan segitiga daya antara daya semu, daya aktif dan daya reaktif:



Gambar 1. Segitiga daya

Dimana berlaku hubungan:

$$S = V \times I$$

$$P = S \times \cos \varphi$$

$$Q = S \times \sin \varphi$$

a. Daya Aktif (P)

Daya aktif (*Active Power*)

adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya yang dibutuhkan oleh beban listrik. Daya ini digunakan secara umum oleh konsumen dan dikonversikan dalam bentuk kerja. Satuan daya aktif yaitu watt. Adapun persamaan dalam daya aktif sebagai berikut:

$$\text{Satu fasa } P = V \times I \times \cos \varphi$$

$$\text{Tiga fasa } P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

b. Daya Semu (S)

Daya semu (*Apparent Power*)

adalah daya yang dihasilkan dari perkalian antara tegangan (volt) dan arus (ampere) pada sebuah jaringan dan dinyatakan dalam voltampere (VA)

c. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif yaitu daya yang diperlukan untuk pembentukan suatu medan magnet dan dari medan magnet tersebut akan menghasilkan fluks medan magnet. Transformator, motor, dan lampu merupakan contoh

peralatan listrik yang menimbulkan daya reaktif. Daya reaktif dinyatakan dalam VAR. Adapun persamaan dalam daya reaktif sebagai berikut:

$$\text{Satu fasa } Q = V \times I \times \sin \varphi$$

$$\text{Tiga fasa } Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi$$

4. Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya (*Power Factor*) atau $\cos \varphi$

merupakan suatu usaha untuk meningkatkan faktor daya dari sistem tenaga listrik yang memiliki kualitas rendah. Beban-beban motor yang terdapat pada suatu instalasi listrik adalah termasuk beban yang bersifat induktif. Untuk mengubah faktor daya yang tadinya rendah ke faktor daya yang lebih baik pada beban motor yaitu dengan cara menambahkan kapasitor pada beban tersebut yang dipasang secara paralel. Faktor daya mempunyai *range* nilai yaitu antara 0-1 dan dapat juga dinyatakan dalam satuan persen. Faktor daya yang baik yaitu apabila besar nilainya mendekati satu.

Adapun persamaan dalam perbaikan faktor daya dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Daya reaktif (Q)} = \text{Daya aktif (P)} \times \tan \varphi$$

$$\text{Daya reaktif pada pf awal} = \text{Daya Aktif} \times \tan \varphi_1$$

$$\text{Daya reaktif setelah pf diperbaiki} = \text{Daya Aktif} \times \tan \varphi_2$$

$$\text{Daya reaktif terkoreksi} = \text{Daya Aktif} \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

5. Faktor-Faktor Beban

Faktor penilaian beban merupakan suatu faktor yang dapat memberikan gambaran mengenai bagaimana karakteristik beban, baik dari segi kuantitas pembebanannya maupun dari segi kualitasnya. Faktor penilaian beban sangat penting untuk mengetahui karakteristik beban di masa yang akan datang atau dalam menentukan efek pembebanan terhadap kapasitas sistem secara menyeluruh. Berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi penilaian beban:

- Beban (*Demand*), yaitu besar pembebanan pada saat waktu tertentu.
- Beban Maksimum, yaitu beban rata-rata terbesar yang terjadi pada suatu interval beban tertentu.
- Beban Puncak (*Peak Load*), yaitu nilai beban terbesar dari pembebanan sesaat pada suatu interval beban tertentu.
- Beban Terpasang, yaitu beban terpasang atau jumlah total daya dari seluruh peralatan sesuai dengan daya yang tercantum pada peralatan tersebut.

$$P_L = \sum_{i=1}^n P_i$$

Dimana: P_i = rating KVA

dari alat i

n = jumlah alat yang terhubung

- Faktor Keragaman (*Diversity Factor*), f_{div} yaitu didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah beban maksimum dari masing-masing unit beban yang ada pada suatu sistem terhadap beban maksimum sistem.

$$f_i =$$

$$\frac{D_{max1} + D_{max2} + D_{maxn}}{D_{max}(1+2+\dots+n)}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n D_{max}}{D_{max}}$$

Dimana: D_{max1} = beban maksimum unit ke i

D_{max} = beban

maksimum sistem

- f. Faktor Keserempakan, yaitu merupakan perbandingan antara beban maksimum dari suatu kumpulan beban dari sistem terhadap jumlah beban maksimum dari masing-masing unit beban.

$$f_{cf} = \frac{D_{max}(1+2+\dots+n)}{D_{max1} + D_{max2} + D_{maxn}}$$

$$= \frac{D_s}{\sum_{i=1}^n D_{max i}}$$

$$= \frac{1}{f_i}$$

- g. Faktor Kebutuhan, yaitu perbandingan antara beban puncak pada suatu sistem

terhadap beban terpasang yang dilayani oleh suatu sistem.

$$f_d = \frac{P_{max}}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

- h. Faktor Beban (*Load Factor*), yaitu perbandingan beban rata-rata pada interval tertentu dengan beban puncak pada interval yang sama.

$$f_{Ld} = \frac{P_{av}}{P_{max}}$$

Dimana: P_{av} =

beban rata-rata

P_{max} =

beban puncak

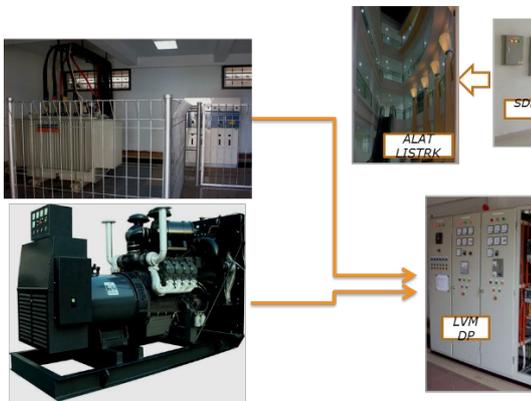
- i. Faktor Rugi-Rugi (*Loss Factor*), yaitu perbandingan antara rugi-rugi daya rata-rata terhadap rugi-rugi daya beban puncak pada waktu tertentu.

$$f_{Ls} = \frac{P_{av}}{P_{max}}$$

6. Komponen Distribusi Gedung Bertingkat

Pada suatu perencanaan instalasi listrik pada gedung bertingkat, sudah pasti di dalamnya terdapat sistem elektrikal. Sistem elektrikal merupakan suatu rangkaian peralatan penyediaan daya listrik untuk

memenuhi kebutuhan daya listrik tegangan rendah. Dalam rangkaian peralatan yang disediakan meliputi sarana penyesuaian tegangan listrik (transformator), sarana penyaluran utama (kabel *feeder*) dan panel hubung utama atau LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*) dan panel distribusi utama pada setiap gedung (*Sub Distribution Panel*) dan terakhir panel-panel di setiap lantai. Garis besar sistem distribusi listrik pada sebuah gedung bertingkat dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2. Sistem distribusi pada gedung

METODOLOGI PENELITIAN

1. Alat

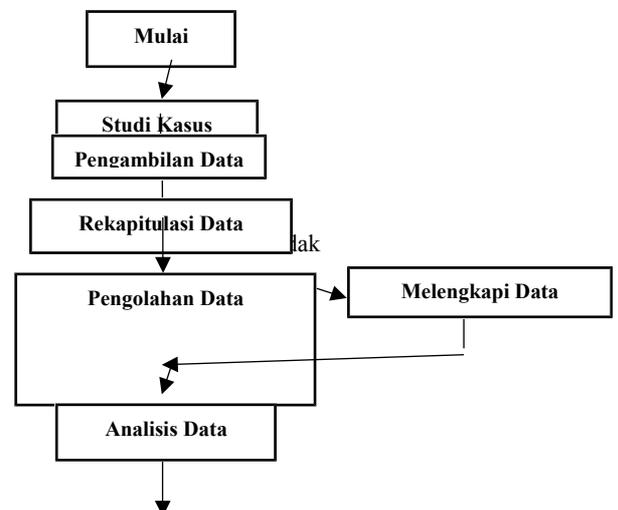
Alat yang digunakan untuk melakukan penelitian “Analisis Distribusi Daya Listrik Pada Gedung

Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta”, antara lain:

- a. Notebook Lenovo
 - b. Microsoft Office 2013
 - c. Kalkulator
2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian “Analisis Distribusi Daya Listrik Pada Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta”, antara lain:

- a. Sistem kelistrikan di gedung admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
 - b. Data total daya beban listrik / *single line diagram* yang digunakan di gedung admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta per SDP (*Sub Distribution Panel*) dan MDP (*Main Distribution Panel*).
3. Metodologi Pengambilan Data



Selesai

Gambar 3. Diagram alur proses analisis data

4. Studi Kasus

Menurut Robert K. Yin (2008: 1), studi kasus yaitu merupakan sebuah metode yang mengacu pada penelitian yang mempunyai unsur bagaimana dan mengapa pada pertanyaan utama pada penelitiannya dan meneliti masalah-masalah kontemporer (masa kini). Studi kasus yang digunakan dalam melaksanakan tugas akhir ini antara lain:

a. Studi Pustaka

Yaitu kegiatan dan pemilihan secara teratur dengan cara menggunakan bahan-bahan dokumentasi seperti buku, majalah, dan lain-lain. (Fathoni, 2005) yang relevan dengan dan mendukung topik penelitian tugas akhir ini.

b. Studi Bimbingan

Yaitu diskusi dan bertukar pikiran dengan kedua dosen pembimbing dan staf pengajar Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta mengenai tema dan progres penelitian.

c. Studi Lapangan

Yaitu melakukan pengukuran dan pencatatan pada instrumen dan objek yang berhubungan dengan tema penelitian.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Rencana Sistem Kelistrikan

Gedung bertingkat admisi UMY merupakan gedung yang akan digunakan sebagai pusat pelayanan penerimaan mahasiswa baru Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Gedung yang dibangun di komplek Universitas Muhammadiyah Yogyakarta ini memiliki tiga lantai yang akan dialiri beban listrik. Macam-macam jenis beban yang akan didistribusikan ke masing-masing lantai pada gedung admisi ini antara lain yaitu beban stop kontak, AC, pompa air, beban elektronik, beban penerangan di dalam dan di luar ruangan serta beban tenaga dan beban lainnya. Sistem kelistrikan di gedung admisi UMY memiliki dua sumber utama, yaitu sumber dari PLN dan dari generator set (genset). Daya dari PLN sebagai sumber utama dengan kapasitas 1250 KVA. Distribusi daya listrik dari PLN ini dilakukan melalui

panel distribusi tegangan menengah 20 KV. Kemudian dari panel distribusi tegangan menengah diturunkan menjadi 380/220 V dengan menggunakan satu buah transformator *step down* yang memiliki kapasitas 1250 KVA. Setelah itu kemudian disalurkan ke panel-panel distribusi. Di samping mendapatkan suplai daya listrik PLN, gedung admisi UMY juga mempunyai sumber daya listrik cadangan dari generator set dengan kapasitas 1000 KVA. Generator ini berfungsi sebagai sistem suplai *back-up* daya listrik dari PLN. Dengan demikian dalam pengoperasian generator set tersebut dipasang paralel dengan tegangan 380 V line to line fasa frekuensi 50 Hz.

2. Kebutuhan Daya Listrik

Untuk menghitung dan menganalisis kapasitas dari suatu distribusi daya listrik, terlebih dahulu harus mengetahui perkiraan keadaan beban yang terdapat pada gedung admisi UMY. Keadaan daya listrik di gedung admisi UMY meliputi antara lain:

- Beban terpasang

- Beban maksimum
- Beban rata-rata

3. Beban Terpasang

Beban terpasang di sini adalah kapasitas daya tersambung yang terdapat di gedung admisi UMY. Berikut ini adalah data beban tersambung pada gedung admisi UMY:

Tabel 1. Data beban tersambung pada gedung admisi UMY

Lokasi	Panel	Beban (KVA)	Daya (KW)	
Lantai Basement	SDP Pompa	11,2	7,9	
	LP Basement	1,3	1,1	
	LP Outdoor	0,4	0,377	
	PP Elektronik	4,9	4,2	
	LP Lt. Daasar	2,2	1,9	
	PP Lt. Dasar	6,1	5,2	
	Lantai Dasar	LP Lt. 1	3,3	2,8
		PP Kotak Kontak Lt. 1	12,6	10,7
		PP Server	1,4	1,2
		PP AC Lt. 1	68,1	48,2
Total		111,6	83,6	

Dari data tabel 1 diketahui bahwa total beban tersambung pada gedung admisi UMY yaitu sebesar 111,6 KVA. Sedangkan untuk total daya yang tersambung yaitu 83,6 KW.

4. Beban Maksimum

Beban maksimum di sini adalah beban normal. Beban normal yaitu beban tersambung yang sudah terkena atau dikali faktor keserempakan (FK). Faktor keserempakan di sini diketahui sebesar 70% atau 0,7. Berikut ini adalah beban maksimum normal pada gedung admisi UMY:

Tabel 2. Data beban maksimum normal pada gedung admisi UMY

Lokasi	Panel	Beban (KVA)	Daya (KW)
Lantai Basement	SDP Pompa	8,3	5,8
	LP	0,9	0,7
	Basement		
	LP Outdoor	0,3	0,3
	PP Elektronik	3,5	2,9
Lantai Dasar	LP Lt.	1,6	1,3
	Daasar		
	PP Lt. Dasar	4,3	3,6
Lantai 1	LP Lt. 1	2,3	2,0
	PP Kotak Kontak Lt. 1	8,8	7,5
	PP Server	1,0	0,8
	PP AC Lt. 1	47,7	33,7
	Total		78,6

Dari data tabel 2 diketahui bahwa total beban maksimum normal pada

gedung admisi UMY yaitu 78,6 KVA. Sedangkan untuk total daya maksimum normal sebesar 58,8 KW.

5. Beban Rata-Rata

Beban rata-rata yang akan dihitung berdasarkan standarisasi dari faktor karakteristik beban yang dapat dilihat pada tabel 4.3, pada faktor beban komersial diasumsikan sebesar 30% = 0,3. Maka dapat dihitung beban rata-rata dari beban kebutuhan daya maksimum normal dari panel SDP gedung yaitu:

Faktor beban =

$$\frac{\text{Beban rata-rata}}{\text{Beban maksimum total}}$$

Pada panel SDP gedung didapat beban maksimum normal sebesar 58.800 Watt, untuk mengetahui besaran daya rata-rata maka harus disesuaikan dengan hasil akhir dari perhitungan daya maksimum tiap lantainya. Berikut adalah perhitungan beban rata-rata:

- Beban rata-rata pada panel SDP gedung

$$\text{Beban rata-rata} = \text{Faktor Beban} \times \text{Total Daya Maksimum}$$

$$= 0,3 \times 58.800$$
Watt

$$= 17.640 \text{ Watt}$$

6. Analisa Beban Terpasang

Panel SDP Pompa

- Total beban normal = 5800 Watt
 - Total arus beban per fasa:
 - a. Arus Fasa R = 13,2 A
 - b. Arus Fasa S = 15,7 A
 - c. Arus Fasa T = 13,0 A
 - Arus listrik per fasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\phi}$$

$$= \frac{5800}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8}$$

$$= 11,0 \text{ A}$$

Arus yang mengalir yaitu sebesar 11,0 A dan dikalikan 125% maka didapat 11,0 x 1,25 = 13,75 A. Maka digunakan MCCB 3 fasa berkapasitas sebesar 20 A.

Kapasitas tersambung

=

$$\frac{\text{Beban tersambung pada panel}}{\text{Beban tersambung SDP}} \times 100\%$$

$$= \frac{7,9 \text{ KW}}{83,6 \text{ KW}} \times 100\%$$

$$= 9,4 \% \text{ (dari total daya terpasang)}$$

7. Perhitungan Perbaikan Faktor Daya

Pada suatu instalasi listrik gedung bertingkat dimana banyak terdapat beban-beban antara lain yaitu motor-motor, lampu *flourescent*/TL dengan *ballast* elektronik, dan peralatan elektronik lainnya (komputer dan lain-lain) maka akan menimbulkan beban induktif yang akan menyebabkan arus terbelakang (lagging) terhadap tegangan dengan sudut yang besar, sehingga nilai *Cosφ* menjadi kecil dan akan menyebabkan besarnya daya reaktif (KVAR) yang sifatnya merugikan.

Daya reaktif yaitu jumlah daya yang diperlukan untuk membentuk medan magnet sehingga menghasilkan fluks medan magnet. Daya reaktif sebenarnya merupakan beban listrik pada suatu sistem tenaga listrik. Untuk memperbaiki faktor daya (*Cosφ*) direncanakan menggunakan kapasitor bank. Perhitungan daya menggunakan data sekunder yaitu *single line diagram schedule* beban gedung admisi UMY

dengan $\sin\phi$ diasumsikan rata-rata sebesar 0,58.

Beban maksimal normal (daya aktif P): 58,8 KW

$\cos\phi$ sebelum perbaikan : 0,8
(36,869°)

$\cos\phi$ setelah perbaikan yang ingin dicapai: 0,95 (18,19°)

Jika daya reaktif sebelum perbaikan: Q1

Daya reaktif setelah perbaikan : Q2

Daya reaktif terkoreksi: $Q = Q1 - Q2$

$$\begin{aligned} Q1 &= P \times \tan \phi^1 \\ &= 58,8 \times \tan 36,869^\circ \\ &= 44,098 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q2 &= P \times \tan \phi^2 \\ &= 58,8 \times \tan 18,19^\circ \\ &= 19,321 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= Q1 - Q2 \\ &= 44,098 - 19,321 \\ &= 24,777 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

PENUTUP

1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Total daya semu pada perencanaan pembangunan gedung admisi UMY sebesar 111,6 KVA dan total daya aktif sebesar 83,6 KW.
 2. Total daya semu dan daya aktif maksimum normal yaitu sebesar 78,6 KVA dan 58,6 KW.
 3. Beban rata-rata yang tersambung pada gedung admisi UMY adalah sebesar 17,640 KW.
 4. Arus beban yang mengalir pada setiap fasa sudah seimbang dan pemilihan pemutus sudah sesuai standar.
 5. Beban paling besar pada gedung admisi UMY yaitu pada power panel AC lantai 1 dengan total beban maksimum sebesar 30,366 KW atau 57,6 % dari total keseluruhan beban tersambung.
 6. Daya reaktif beban tersambung dan normal pada gedung admisi UMY yaitu 190,2 KVAR dan 134,5 KVAR.
2. Saran

Berdasarkan analisis, perhitungan, dan kesimpulan yang

telah diambil maka dapat disampaikan saran sebagai berikut:

1. Untuk penambahan beban dimasa mendatang perlu diperhatikan pada tiap fasa, agar tetap seimbang.
2. Melakukan audit secara berkala agar kehandalan instalasi listrik tetap terjaga.
3. Sebaiknya *single line diagram* di simpan pada setiap box panel yang ada agar mempermudah bila terjadi gangguan pada instalasi listrik gedung.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, Slamet. 2013. *Perencanaan Sistem Instalasi Listrik Pada Gedung Talavera Suite Jakarta*. Skripsi. Jakarta, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta
- <http://www.alkonusa.com> diakses pada tanggal 4 September 2017 pukul 20.00 WIB
- Rismanta, Bani. 2015. *Analisis Sistem Distribusi Energi Listrik Pada Gedung Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*. Skripsi. Yogyakarta, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Sutoyo, Yongki. 2017. *Analisis Sitem Suplai Daya Instalasi Listrik Tenaga Pada Gedung Fakultas Teknik (F1, F3, F4, G5 Dan G6) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*. Skripsi. Yogyakarta, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- William, D. Stevenson Jr, 1984. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Erlangga : Jakarta
- Zuhal, 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta
- Zuhal, 1986. *Dasar Tenaga Listrik*. Penerbit ITB : Bandung